


STEP MOTOR

Patent Number: JP61231863
Publication date: 1986-10-16
Inventor(s): ISHII TOMOYORI; others: 01
Applicant(s): HAAMONITSUKU DRIVE SYST:KK
Requested Patent:  JP61231863
Application Number: JP19850069775 19850402
Priority Number(s):
IPC Classification: H02K37/00
EC Classification:
Equivalents: JP1898629C, JP6028501B

Abstract

PURPOSE:To reduce the size of the entire motor by mounting flexible permanent magnet pieces on a portion corresponding to the teeth of a flexible spline in response to the poles of magnetic field generating means.
CONSTITUTION:Many poles 32 (24 poles) as magnetic field generating means are aligned and secured inside a motor housing 30. The poles 32 are formed of cores 34 and coils 36. A flexible spline 40 is disposed inside the pole group, and clamped with screws 44 to a housing 30 at the edge 42 which is extended at one end. A permanent magnet piece 46 is secured to the outer surface of the spline 40, and opposed to the pole 32. Rigid circular spline 48 having teeth engaged with the spline 40 is formed inside the spline 40 to be rotatably supported by bearings 50, 52. Thus, since the piece 46 exhibits a large force by the attracting and repelling forces of the spline 40, it can be efficiently formed in an elliptical shape.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

⑫ 公開特許公報(A) 昭61-231863

⑤ Int. Cl.⁴
H 02 K 37/00識別記号 庁内整理番号
7826-5H

④ 公開 昭和61年(1986)10月16日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全8頁)

⑬ 発明の名称 ステップモータ

⑭ 特 願 昭60-69775

⑮ 出 願 昭60(1985)4月2日

⑯ 発 明 者 石 井 智 依 松本市笹部1-4-2
⑯ 発 明 者 小 林 清 人 長野県南安曇郡豊科町大字豊科2210-5
⑰ 出 願 人 株式会社 ハーモニッ ク・ドライブ・システムズ 東京都品川区大井1-49-10
⑱ 代 理 人 弁理士 中 村 稔 外3名

明 細 書

1. 発明の名称 ステップモータ

2. 特許請求の範囲

1. 剛性円形スプラインと、この円形スプラインの歯に係合する歯を備えた可撓性スプラインと、該可撓性スプラインに対して半径方向外側から磁界を与えこの可撓性スプラインを楕円形に撓ませて円形スプラインに対して直径方向に対向する2点で係合させる、複数の磁極を備えた磁界発生手段と、該磁界発生手段の磁極を順次励磁して可撓性スプラインの楕円形状を回転させ、これにより円形スプラインと可撓性スプラインとの間に両スプラインの歯数差に比例した相対回転を生じさせる励磁手段とを備えたステップモータにおいて、

可撓性スプラインの歯に対応する部分には、可撓性の永久磁石片が前記磁界発生手段の磁極に対応して取付けられ、可撓性スプラインの楕円変形を磁気吸引力だけでなく反発力を与えることによつて強化したことを特徴とするステッ

プモータ。

2. 永久磁石片が希土類コバルト磁石材料を有機バインダで結合したプラスチック磁石材料である特許請求の範囲第1項記載のステップモータ。
3. 永久磁石材料が前記磁界発生手段の磁極数と同じ数だけ設けられている特許請求の範囲第1項記載のステップモータ。
4. 磁極数が24個である特許請求の範囲第3項記載のステップモータ。
5. 前記磁界発生手段の磁極はモータハウジングの内側に複数の磁極が全体として円形になるように固定されてステータを形成し、このステータの内側に可撓性スプラインがモータハウジングに固定されて配置され、この可撓性スプラインの内側にモータハウジングに対して回転可能に剛性円形スプラインが配置され、該円形スプラインに出力軸が取付けられて成る特許請求の範囲第1項記載のステップモータ。
6. 可撓性スプラインがその一方の端縁で半径方向外方に延びており、該延長端縁部がハウジン

グに取付けられている特許請求の範囲第5項記載のステップモータ。

- 7 楕円に形成された可撓性スプラインは、その長軸部分が磁界発生手段の磁極と永久磁石との吸引力によつて、短軸部分が磁極と磁石との反撥力によつて、それぞれ形成されている特許請求の範囲第5項記載のステップモータ。

ラインの楕円形状を回転させ、これにより円形スプラインと可撓性スプラインとの間に両スプラインの歯数差に比例した相対回転を生じさせる励磁手段とを備えている。

このステップモータは、磁界発生手段の磁極を順次励磁することによつて可撓性スプラインの楕円を回転させ、これにより円形スプラインに対して大きな減速比を得るので、ステップモータの分解能が極めて高くなる利点を有し、しかもその高分解能を得るのに複雑で嵩高い減速歯車を必要としない利点もあり、従つて小型の高分解能ステップモータが極めて簡単な構造で得られる。

発明が解決しようとする問題点

しかしながら、上記のステップモータにおいては、磁界発生手段はその磁気吸引力によつてのみ可撓性スプラインを楕円に変形させていたので、その磁気吸引力を強くせねばならず、また可撓性スプラインに対して磁気抵抗すなわちリラクタンスを減少させるよう良磁性体でなる板ばねを裏打ちする必要があつた。この板ばねは可撓性スプ

3 発明の詳細な説明

産業上の利用分野

本発明はステップモータに関し、特に、剛性円形スプラインとこれに噛み合う可撓性スプラインとを用いて可撓性スプラインを楕円形に撓ませるとともにその楕円を回転させることにより高い減速比を得ることのできる調和歯車装置を組合せたステップモータに関する。

従来の技術

調和歯車装置を組み込んだステップモータは、例えば特公昭48-15049号公報(昭和48年5月10日出願公告)に開示されている。この公報に記載されたステップモータは、外側の剛性円形スプラインと、この円形スプラインの歯に係合する歯を備えた内側の可撓性スプラインと、該可撓性スプラインに対して半径方向外側から磁界を与えこの可撓性スプラインを楕円形に撓ませて円形スプラインに対して直径方向に対向する2点で係合させる、複数の磁極を備えた磁界発生手段と、該磁界発生手段の磁極を順次励磁して可撓性スプ

ラインに内側にロール状に巻かれ、該スプラインに対してスポット溶接等で固着されている。このため、可撓性スプラインに対してこれを楕円に変形させる際、変形のために音が発生し、楕円を高速で回転させるとその音が大きくなつて、モータからの騒音が激しくなる。また、板ばねの変形の際の周方向ずれに対処するため、潤滑油を供給せねばならず、途絶えると摩擦熱が発生し、更には摩損してしまうおそれがある。

従つて、本発明の目的は、可撓性スプラインの楕円変形を磁気吸引力にのみ頼らず、磁氣的反撥力を用いて楕円形を形成し、また、可撓性スプラインに対して裏打ち材を不要にするステップモータを提供するにある。

問題点を解決するための手段

かかる目的を達成するため、本発明による、調和歯車装置付ステップモータにおいては、可撓性スプラインの歯に対応する部分に、可撓性の永久磁石片が磁界発生手段の磁極に対応して取付けられ、可撓性スプラインには何等の裏打ち材も設け

られていない。この永久磁石片は、希土類コバルト磁石材料を有機バインダで結合したプラスチック磁石であるのが好ましい。このように、磁界発生手段の磁極に対応して永久磁石を可撓性スプラインに取付けたことにより、磁気吸引力のみならず、磁気反撥力を可撓性スプラインに作用させることができ、このため楕円の形成及びその回転が精密に且つ容易に行われる。また、磁気吸引力も永久磁石のない時に比べはるかに増大し、磁界発生手段の磁界強度を小さくすることができ、これによりモータ全体の寸法を小型化できる。

本発明の好ましい実施例においては、磁界発生手段の複数の磁極が全体として円形の空洞を形成するようにモータハウジングの内側に固定され、この磁界発生手段の内側に可撓性スプラインがモータハウジングに対して固定され、該スプラインの、磁極に対面する側に磁極と同数の永久磁石片が固着されている。可撓性スプラインの内側には、該スプラインに噛み合う歯を備えた剛性円形スプラインが回転可能に取付けられこの円形スプライ

その歯は円形スプラインに対し矢印A、Bの2点でしか噛み合わない。なお、円形スプライン1の歯数は可撓性スプラインの歯数とは異なっており、例えば円形スプライン1は可撓性スプライン2の歯より2枚多く形成される。

第2図(a)~(d)において、ウエーブジェネレータ3を時計方向に回転させた場合の円形スプライン1と可撓性スプライン2との関係が示されている。ウエーブジェネレータ3が第2図(a)の位置にあるとき、円形スプライン1の1つの歯5は可撓性スプライン2の1つの歯6に噛み合っている。ウエーブジェネレータ3を第2図(b)に示すように90°回転させると、可撓性スプライン2はその楕円形状が回転し、円形スプライン1と可撓性スプライン2の噛み合い位置がウエーブジェネレータ3の長軸の回転に従って移動する。第2図(c)に示すように、ウエーブジェネレータ3が180°回転すると、歯5と歯6が再び噛み合いがその位置は歯数1枚分だけ回転方向とは反対の方向にずれる。そして、第2図(d)に示すように、ウエーブジェネ

ンに出力軸が取付けられる。磁界発生手段の磁極を励磁すると、可撓性スプラインが楕円に変形させられ、順次他の磁極を励磁すると、その楕円が回転し、可撓性スプラインの歯と剛性円形スプラインの歯の歯数差に対応した大減速比の回転が得られる。

実施例

以下本発明の一実施例について図面を参照しながら説明する。先ず、本発明の実施例の説明に先立つて、調和歯車装置の原理について一般的な説明をする。第1図に示すように、調和歯車装置は、剛性の円形スプライン1と、この円形スプライン1に噛み合う可撓性スプライン2とを備え、該可撓性スプライン2はウエーブジェネレータ3により楕円形に撓められている。ウエーブジェネレータ3は可撓性スプライン2を楕円形に撓めるだけでなくその楕円形を回転させるものであり、この楕円の回転の際可撓性スプラインを回転させないようにボールベアリング4を備えている。

可撓性スプライン2は楕円に撓められるため、

レータ3が360°回転すると歯5と歯6とは歯数2枚分だけ回転方向とは反対の方向にずれる。このように、噛合い位置が順次ずれる動きを出力としてとり出せば、大きな減速比を得ることができる。

因みに、可撓性スプライン2を固定し、円形スプライン1に出力軸を設けた場合の速度比Rは、可撓性スプライン2の歯数をZf、円形スプラインの歯数をZc (= Zf+2) とすると、

$$R = \frac{Z_c - Z_f}{Z_c} = \frac{(Z_f + 2) - Z_f}{Z_c} = \frac{2}{Z_c}$$

従つて、減速比では、

$$I = \frac{1}{R} = \frac{Z_c}{Z_c - Z_f} = \frac{Z_c}{2}$$

として得られる。すなわち歯数を多くすることによつて簡単に大きな減速比を得ることができる。

なお、上記の例では、可撓性スプライン2を剛性円形スプライン1の内側に設けたが、勿論可撓性スプライン2を円形スプライン1の外側に設けることもできる。

次に、かかる調和歯車装置を用いたステップモータの原理について説明する。第1図の例では、ウェーブジェネレータが可撓性スプラインの形状を楕円に撓ませているが、ステップモータでは、このウェーブジェネレータが磁界発生手段に代る。説明の便宜のため、第3図に、特公昭48-15049号公報の第1図を用いて説明する。

第3図において、モータハウジング10の内側に磁界発生手段となる多数の磁極を備えた電磁石12が取付けられ、この電磁石のコア14にはそのほぼ中央に剛性円形スプライン16が固着されている。この円形スプライン16の内側にこれと噛み合う筒状の可撓性スプライン18が回転可能に且つ各磁極と隙間をあけて配置され、可撓スプライン18には軸受20、20を介して出力軸22が取付けられている。また、可撓性スプライン18の内側には、リラクタンس減少用の磁性体で成る板ばね材24がロール状に巻回されて固着されている。

作動時、隣接する2つの磁極が1組になつて、

コイル86にはリード線88から電流が供給される。

磁極群の内側には可撓性スプライン40が配置され、このスプラインは、その一端縁42が半径方向外方に延長していて、いわゆるシルクハット形状に形成され、端縁42でハウジング80にねじ44等により固着されている。可撓性スプライン40は、良好な磁性体で成るのが好ましく、例えば低炭素鋼が用いられる。この磁性体で成る部分は、磁極に対応する部分だけであつてもよく、磁極82からの磁界の磁気抵抗(リラクタンس)を小さくできればよい。

本発明においては、磁極82に対応する可撓性スプラインの外面には、該磁極に対面して永久磁石片46が固着されている。この永久磁石片46は、磁極82に対応する数だけ、第6図に示すようにN極とS極とを交互に並べて取付けられるのが好ましい。また、永久磁石片46は可撓性スプラインの楕円変形に対応できるよう、可撓性の永久磁石材料で成り、好ましくは希土類コバルト磁

直線方向に対向する2組で励磁されると可撓性スプライン18がその2点で磁気吸引され楕円形に変形させられる。次に、その磁極の組が消磁されるとともに隣りの磁極組が励磁されると、その楕円形状が回転し始め、この励磁を次々に変えていくことにより楕円が回転し、第1図のウェーブジェネレータを回転したのと同じ効果を得る。すなわち、磁界発生手段が通常の調和歯車装置のウェーブジェネレータの作用をしており、また普通のステップモータと比べると、磁極を1サイクル分励磁しても先に示した減速比1で出力軸が回転するので、高い分解能で且つ高いトルクを持つステップモータとなる。

本発明は、上記した調和歯車装置付ステップモータを改良するもので、以下その一実施例を説明する。第4図～第6図において、モータハウジング80には、その内側に磁界発生手段としての磁極82が多数(本例では24極)全体としてほぼ円形の空胴を形成するように並べて固着されている。各磁極はコア84とコイル86とから成り、

石材料を有機バインダで結合したいわゆるプラスチック磁石であるのが好ましい。発明者等が使用したものは、東北金属工業株式会社製のLS-40、LS-60、LS-80という製品番号のプラスチック磁石であつた。

可撓性スプライン40の内側には、該スプライン40に噛み合う歯を備えた剛性円形スプライン48が設けられている。円形スプライン48は、中空円筒状に形成されモータハウジング80に対して軸受50、52を介して回転可能に支持されている。円形スプライン48の一方の端縁54はハウジング80より突出しており、この部分にシャフト等の出力部材(図示せず)を取付けることができるようになつている。なお円形スプライン48の歯数は、前述のとおり、可撓性スプライン40の歯数とは異なつている。

モータハウジング80は、各部品を組込むために、3つの部分から成り、これらが互いにねじ等により固着される。しかし、組込みが可能な限り2分割であつても一体構造であつてもよい。

第7図及び第8図を参照すると、各磁極の結線とその励磁法が示されている。第7図において、磁極82は24個設けられ、これに対応して可換性スプライン40には24個の永久磁石片46が24個固着されており、永久磁石片46は隣接する磁石片に対して反対の極性（正確には磁極に面する表面での極性）を有するよう並べられている。説明の便宜上、各磁極用リード88には、a, b, …… l なる記号が付され、直径方向に対向するリードに a', b', …… l' なる記号が付されている。

第8図において、リードa及びリードb'に矢印方向の電流を供給すると、図示のような磁路 m_1 が形成され、これにより可換性スプライン40は矢印80方向に磁気吸引される。同様に隣接する磁極を励磁して磁路 m_2, m_3 を形成することによって更にその吸引力を増すことができる。この吸引力は、可換性スプライン40のリラクタンسを利用するだけでなく、磁石片46の吸引力（いわゆるクーロンカ）を利用しているので公知の可変リラクタンس型式のものに比べはるかに大きい。

その磁極の励磁電流の向きを順に反転させていくと可換性スプライン40が固定されたままその楕円形状を回転させていき、楕円が一回転すると、第1図及び第2図(a)～(d)で説明したように、剛性円形スプライン48を歯数差分だけ回転させることになる。以下の表は、上述した励磁法を示している。

励磁ステップ	吸引方向励磁	反撥方向励磁
1	a-a' -b-b' -c-c' - d-d' -e-e' -f-f'	g-g' -h-h' -i-i' - k-k' -l-l' -m-m'
2	b-b' -c-c' -d-d' - e-e' -f-f' -g-g'	h-h' -i-i' -k-k' - l-l' -m-m' -a-a'
3	c-c' -d-d' -e-e' - f-f' -g-g' -h-h'	i-i' -k-k' -l-l' - m-m' -a-a' -b-b'
⋮	⋮	⋮

上記励磁ステップの順序を逆にすれば、その回転方向は逆になる。

なお、上述の例では、全ての磁極を利用したフルステップ駆動であるが、磁極を一つおきに励磁

他方、リード k', l には、第6図に図示の電流が同時に供給される。これにより磁極82からは磁石片46に反撥する磁界が発生され、これにより矢印82に示すように、可換性スプライン40を内側に押圧する力すなわち反撥する力が与えられる。このように、リードa, b', c, d', f' 及びリードa', b, c', d, e', f には可換性スプライン40を吸引する方向の磁界が発生する電流が供給され、リードg, h', i, j', k, l' 及びリードg', h, i', j, k', l には可換性スプライン40に反撥する方向の磁界が発生する電流が供給されると、第7図に示すように可換性スプライン40が楕円形に撓められ、剛性円形スプライン48に対して、短軸84上の2点でのみ噛み合うことになる。

次に、リードb～f, b'～f'の電流はそのままにして、リードa, a'に逆方向の電流を流すこととともにリードg, g'の電流も逆方向にすると、吸引磁界と反撥磁界が1磁極分だけ相回転し、楕円形が1磁極分だけ回転する。このようにして、

したハーフステップ駆動にすることもできる。

第9図は直径方向に対向する2つの磁極（例えばa, a'）を励磁する駆動回路を示しており、この回路は、例えばコイルa、コイルa'の励磁を行う4つのトランジスタ $Q_1 \sim Q_4$ で成る。吸引方向の励磁においては、トランジスタ Q_1, Q_4 がオンにされ、トランジスタ Q_2, Q_3 がオフにされると実線方向に電流が供給されて、吸引磁界がコイルa, a'から発生される。逆にトランジスタ Q_2, Q_4 がオフにされると破線方向に電流が供給され、コイルa, a'は反撥磁界を形成する。このように、各磁極の励磁も極めて簡単な駆動回路で両極性すなわちバイポーラ駆動することができる。

このようにバイポーラ駆動することで、ユニポーラ（すなわち巻線には一方向にしか電流を流さない方式）駆動した場合の巻線を一つ必要とする不利がなくなり、また、それによる巻線への相互誘導による起電力を生じないので、高速で高トルクの駆動が可能になる。

なお、上記した実施例に示すステップモータの

出力トルクを実測したところ、公称値 / 0 N・m を得ることができた。また、上記実施例では、磁極数 24 (相数 / 2) としているが、最大 32 極 (/ 6 相) まで可能であることも確認した。

発明の効果

上記の通り、本発明においては、永久磁石片が可撓性スプラインの吸引力だけでなく反撥力をも与えて楕円の形成に大きな力を発揮し、また吸引時においても可変リラクタンسを利用するだけでなく、磁極によるいわゆるクーロンカも利用することができるので極めて効率よく小さな磁界で楕円を形成することができる。従つて、磁界発生手段も小形になり、モータ全体が小形化できる。

そして、楕円形成の力が強いいため、公知のステップモータのように可撓性スプラインに対してリラクタンス減少用補助部材を一切必要としなくなり、これに伴う騒音も一切なくなり、更に該部材に必要とした潤滑の問題もなくなるので、スプラインの噛み合い部分に乾式潤滑を施せばよいだけになる。

また、本発明によるステップモータでは永久磁石を用いているので可変リラクタンス方式のステップモータに比べ多極にすることができ、このため分解能を高めるとともに、トルクを高くすることができる。

更に、可撓性スプラインを外側に配置した場合、楕円形の回転中心ずれ(いわゆるアドイダル)に対して該スプラインの外側から円形リング等を用いてそのずれを修正することが極めて簡単に行える。

4 図面の簡単な説明

第 1 図は公知の調和歯車装置の概略正面図、

第 2 図 (a) ~ (d) は調和歯車装置の動作説明図、

第 3 図は公知のステップモータの一部破断した斜視図、

第 4 図は本発明によるステップモータの一部破断した側面図、

第 5 図は第 4 図に示した本発明によるステップモータの一部破断した斜視図、

第 6 図は第 4 図のステップモータの可撓性スプ

ラインの一部破断した斜視図、

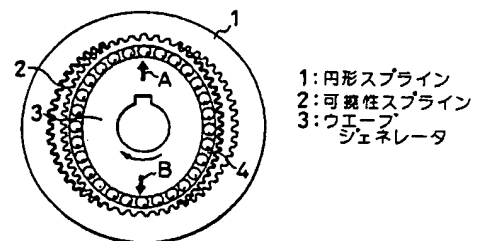
第 7 図は磁界発生手段と両スプラインとの関係を示す正面図、

第 8 図は第 7 図の一部を拡大し、磁界とその力を示す説明図、

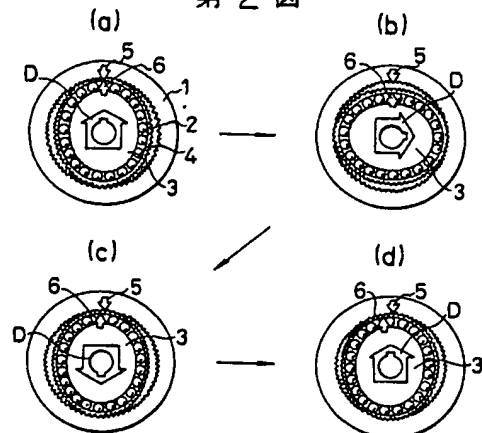
第 9 図はコイルを励磁する駆動回路を示す回路図である。

- 1, 10, 48 円形スプライン、
- 2, 18, 40 可撓性スプライン、
- 8 ウェーブジェネレータ、
- 10, 80 ハウジング、
- 12 電磁石、
- 24 板ばね材、
- 82 磁極、
- 40 永久磁石片。

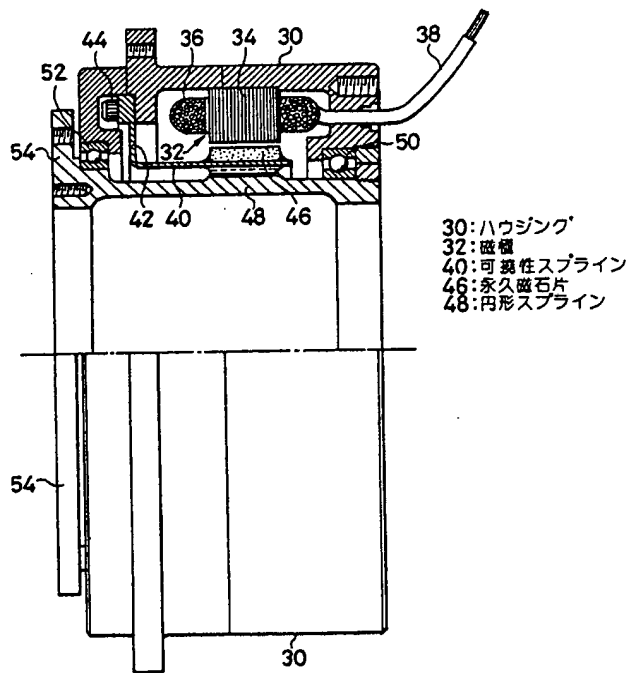
第 1 図



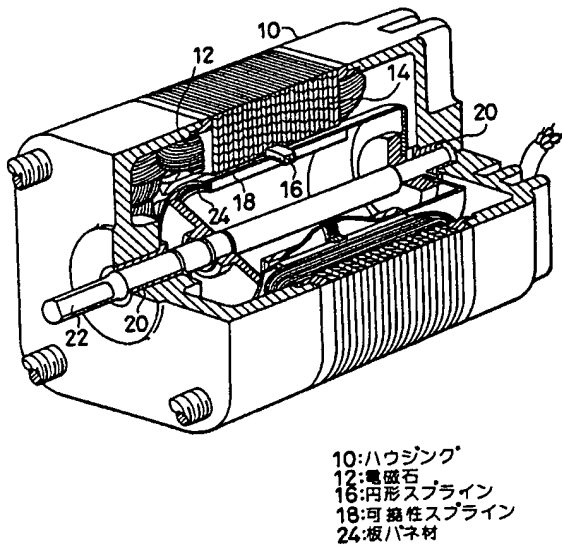
第 2 図



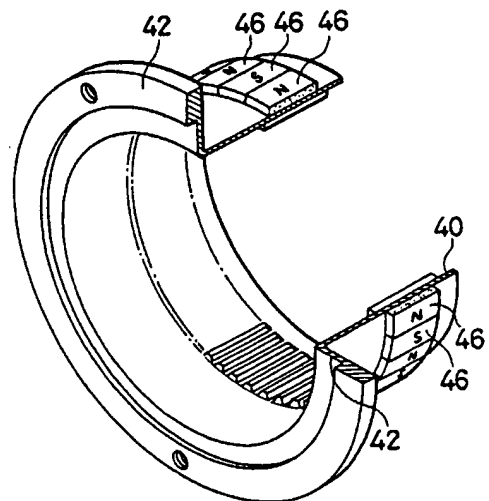
第 4 図



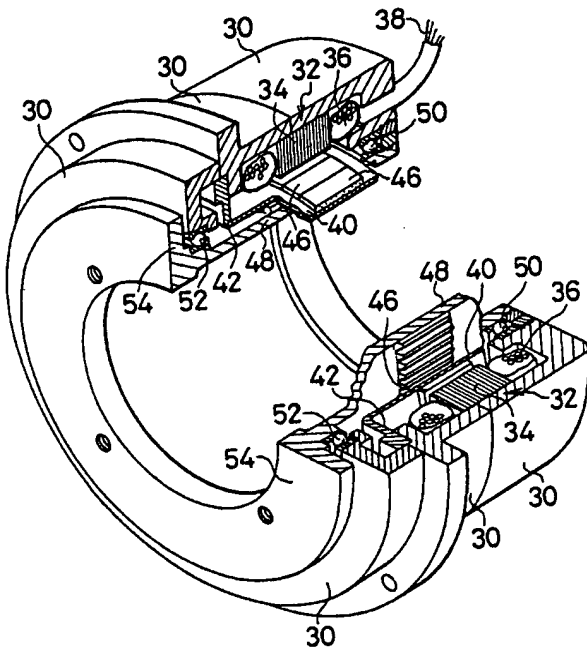
第 3 図



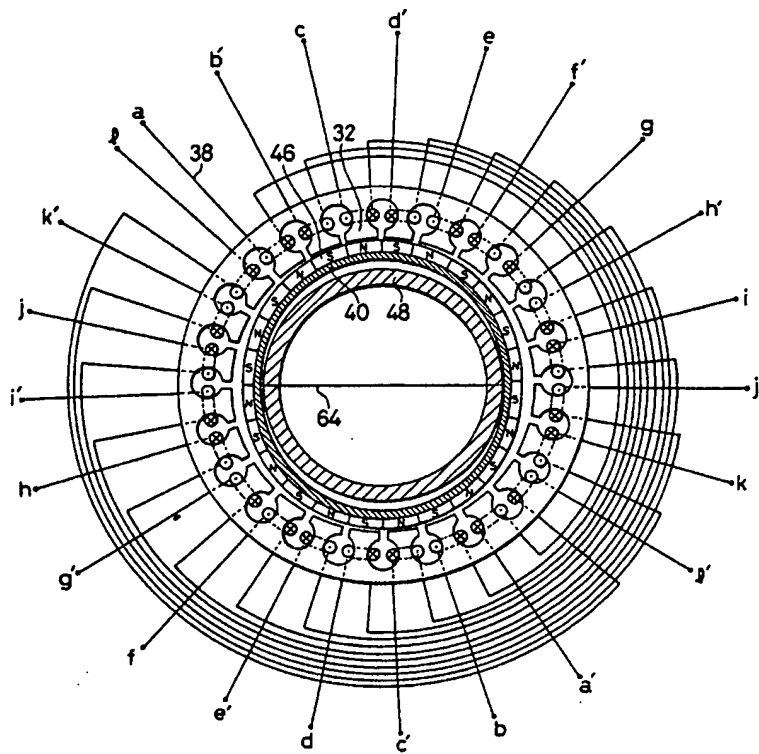
第 6 図



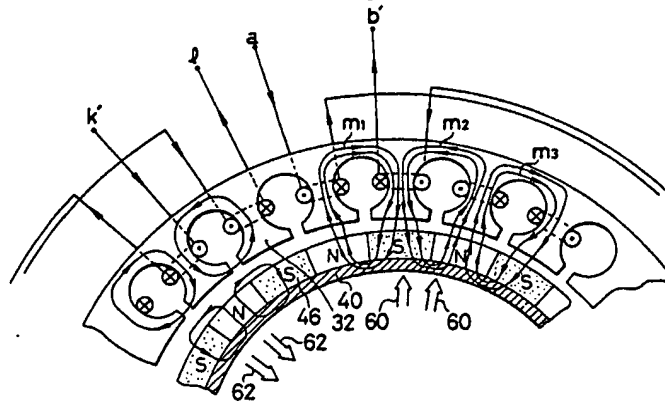
第 5 図



第 7 図



第 8 図



第 9 図

